

Construcción de un Sistema de Instrumentación para la Medición de la Temperatura, pH y Oxígeno Disuelto presentes en la Piscicultura bajo Condiciones de Estanque Artificial

Instrumentation System for Measurement Temperature, pH and Dissolved Oxygen present in Fish Farming Under Condition of Artificial Pond

Álvaro Andrés Navarro Pérez^{1*}, José Bestier Padilla Bejarano², Jhon Jairo Prías Barragán³
Grupo de investigación en Desarrollos Tecnológicos GIDET, Ingeniería Electrónica, Universidad del Quindío, Quindío, Colombia.

aanavarro@uniquindio.edu.co

jbpadilla@uniquindio.edu.co

jjprias@uniquindio.edu.co

Resumen— En este trabajo se presenta la construcción de un sistema de instrumentación que permite realizar la medida de las variables físico – químicas más representativas en la piscicultura bajo condiciones de estanque artificial. Para ello, el sistema cuenta con un sensor de temperatura basado en el dispositivo LM35, un sensor comercial para la medición de PH de referencia PH300 y otro comercial para la medición de oxígeno disuelto de referencia DO600. El sistema posee una etapa de control manejada por el microcontrolador ATmega8 de Atmel para la adquisición de toda la información. A su vez, el sistema cuenta con una aplicación desarrollada en C++ Builder cuyo objetivo es la generar reportes de las mediciones realizadas por los sensores de temperatura, PH y oxígeno disuelto en archivos de texto en formato .txt para realizar de forma manual por parte del operario el análisis de dicha información. Al final del artículo se presenta un análisis de los resultados obtenidos por los tres sensores para la medición de las variables al interior del estanque en condiciones de temperatura ambiente.

Palabras claves—Instrumentación electrónica, monitorización de variables físico – químicas, temperatura, PH, oxígeno disuelto, piscicultura.

Abstract— this paper is based on the construction of an instrumentation system for the measurement of the most representative physical – chemical variables in fish farming in artificial ponds conditionals. The system has a temperature sensor LM35; also it has a commercial sensor for measurement of PH and dissolved oxygen. The control module is based on microcontroller ATmega8 of Atmel which its main task is reading all the information from the sensors. The system has an analysis stage written in C code in C++ Builder software to save and latterly to make the analysis by the user through reports in a text file of

format .txt. And the end of the paper the results are presented of several measurements performed in an artificial pond in room temperature.

Key Word—Instrumentation electronic, monitoring of physics and chemical variables, temperature, pH, dissolved oxygen, fish farming.

I. INTRODUCCIÓN

El agua constituye uno de los elementos fundamentales para la vida, es seguramente un recurso vital, que hoy en día por su escasez y deterioro adquieren características muy graves y preocupantes a escalas mundiales. Este recurso es de vital importancia en los criaderos para la producción de peces; por consiguiente, es necesario tomar en consideración diversos aspectos biológicos en su ambiente natural, lo cual influencia fuertemente la producción de dichos organismos vivos. De acuerdo a [1], tales aspectos están relacionados con:

El hábitat, el alimento, la reproducción y el ciclo de vida, entre otros.

También, es bien conocido que entre las variables físico-químicas más representativas en la piscicultura se encuentran la temperatura del agua, el PH y el oxígeno disuelto; por lo tanto, lograr su medición de forma confiable constituye un paso importante para la automatización de un sistema completo de instrumentación en la piscicultura. Al respecto, se conoce que en [2], han desarrollado un sistema que permite monitorear y controlar la temperatura y el oxígeno disuelto para la experimentación en ecofisiología, el cual está constituido por una unidad electrónica para el control de la temperatura, basado en un microcontrolador, éste dispositivo

recibe la información proveniente de un termistor y se visualiza a través de una pantalla de tres dígitos. El sistema al momento de iniciar la adquisición de la información realiza una calibración previa incrementa la confiabilidad en la medida. La etapa que establece los niveles de oxígeno disuelto en el agua, se realiza a través de un sistema degasificador construido a través de un tubo de PVC. Además, se conoce que en [3] han presentado un proyecto de monitoreo y control de la temperatura para el cultivo de la *Tilapia (Oreochromis sp)*; donde el sistema central es un microcontrolador de gama baja y la información adquirida es visualizada en una pantalla de cristal líquido, así como transmitida a un ordenador y por intermedio de una página web, se realiza el registro de la información.

Por otro lado en [4], se presentó un trabajo realizado en la Universidad RMIT de Melbourne Australia, el cual está relacionado con el monitoreo y el mantenimiento de la claridad del agua, para lo cual se analiza el gradiente de salinidad en estanques solares. Las principales variables físico - químicas tenidas en cuenta fueron la temperatura del agua, el pH, la concentración de oxígeno disuelto, la densidad del agua y la turbiedad de la misma [5]. En la medición de la temperatura del agua, se utilizaron sensores de temperatura basados en termocuplas ubicadas en varias regiones al interior del estanque. Se construyó un *data logger* en el cual se almacenó la información. Para la medida del pH del agua, se utilizó un medidor con soluciones calibradas previamente, limpiando el electrodo después de cada medida y para la concentración de oxígeno disuelto, el cual es un factor de vital importancia para la actividad fotosintética de los microorganismos presentes en el agua, al interior del estanque se utilizó un medidor comercial de oxígeno disuelto de referencia.

Sin embargo, hasta donde se conoce no se ha implementado un sistema que permita llevar el registro de las tres variables físico - químicas más representativas, de manera simultánea enfocadas al cultivo de la trucha (*Salmo trutta*); por lo tanto, el proceso de medición planteado en este trabajo permitió extender la tecnología en aspectos de medición para una clase específica de cultivos como lo es el de las truchas; esto se logró gracias a que el sistema desarrollado permite a parte de realizar la medición, guardar la información en un archivo plano de fácil acceso por el operario y para realizar el respectivo análisis. Adicional a esta información, en el archivo de reporte se agregó una columna con los datos de tiempo para la medición de temperatura, pH y oxígeno disuelto para analizar las variaciones de las mismas en diferentes instantes de tiempo durante el día.

II. SISTEMAS DE INSTRUMENTACIÓN

La instrumentación trata los sistemas integrados cuya finalidad es medir magnitudes físicas de un sistema externo, elaborar la información asociada a ellas y presentarla a un operador. En la figura 1 se muestra el esquema básico de cualquier sistema de instrumentación

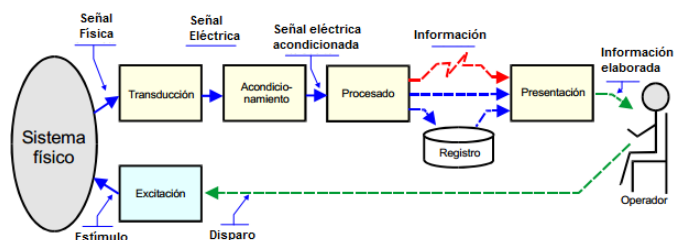


Figura 1. Esquema básico de un sistema de instrumentación

Como primera etapa del esquema básico mostrado en la figura 1 se tiene el sistema físico el cual corresponde a las variables naturales que pretendemos medir. Para ello se requiere de un dispositivo que tenga la propiedad de leer la información física presente en el medio; esto es logrado gracias al transductor el cual es el componente que convierte la magnitud física a medir, en una señal eléctrica. En este componente se puede diferenciar entre el sensor, que es el elemento sensible primario que responde a las variaciones de la magnitud que se mide, y el transductor que es el que lleva a cabo la conversión energética entre la magnitud de entrada y de salida.

Sin embargo para llevar a cabo la etapa de procesamiento, la señal proveniente del bloque de transducción debe ser adecuada, bajo unos parámetros bien definidos como son: Tipos de sensores y características estáticas y/o dinámicas, niveles de voltaje o corriente, en otras palabras, el bloque de acondicionamiento incluye todas aquellas transformaciones que deben realizarse sobre señales eléctricas que resultan en la salida del transductor, y que son previas al procesado para extraer la información que se mide o evalúa.

Una vez es realizado el acondicionamiento de la señal; es decir, una vez la información está contenida dentro los niveles apropiados, viene la etapa de procesamiento de la señal. En esta etapa se incluye el conjunto de transformaciones al que debe ser sometida la señal eléctrica, a fin de extraer de ella la información que se busca. El procesamiento de la señal suele contener diversas operaciones, ya sean lineales, no lineales, de composición de múltiples señales, y/o de procesado digital de las señales.

III. PARÁMETROS QUE INTERVIENEN EN LA PISCICULTURA

En la piscicultura intervienen diferentes variables físico-química, las cuales deben ser tenidas en cuenta para su análisis y su posterior cultivo de alguna especie al interior de cualquier estanque artificial.

A. *Temperatura*: La temperatura es un factor abiótico que regula de procesos vitales para los organismos vivos, así como también afecta las propiedades químicas y físicas de otros factores abióticos en un ecosistema. Antes de discutir la naturaleza de dichas interacciones, se considera necesario iniciar la presentación con una distinción entre los conceptos de temperatura y calor. La distinción entre estos dos conceptos es a menudo confusa, llevándonos a intercambiarlos

erróneamente. El término calor implica energía transferida desde un cuerpo o sistema hacia su ambiente inmediato o viceversa. El flujo de energía procede siempre de un área de mayor concentración a un área de menor concentración, en conformidad con la segunda ley de termodinámica. Por otro lado, la temperatura es un parámetro que nos revela que existe un contraste o gradiente de energía que provoca la transferencia de calor.

En los cultivos de trucha, los rangos de temperatura apropiados que se debe mantener con este tipo de especies está entre 10° y 15° para crecimiento y engorde.

B. *pH*: El *pH* es el acrónimo para *potencial de hidrógeno*, e indica la concentración del ión hidronio en una solución. Su ecuación está dada por:

$$pH = \log \left(\frac{1}{[H_3O^+]} \right) \quad (1)$$

Donde $[H_3O^+]$ indica la concentración del ion hidronio en moles/L. El término *pH* expresa la intensidad de un ácido, dependiendo de su capacidad de disociación, así como de su concentración.

El *pH* de un cuerpo de agua es un parámetro a considerar cuando se quiere determinar la especie química y su solubilidad de varias sustancias orgánicas e inorgánicas en el agua. El *pH* un factor abiótico que regula procesos biológicos mediados por enzimas (ej. fotosíntesis, respiración); la disponibilidad de nutrientes esenciales limitan el crecimiento microbiano en muchos ecosistemas (ej. NH_4^+ , PO_4^{3-} y Mg^{2+}); también la movilidad de metales pesados tales como cobre, el cual es tóxico para muchos microorganismos afectan los valores del *pH* y por consiguiente su crecimiento. Las variaciones en el *pH* pueden tener efectos marcados sobre cada uno de los niveles de organización de la materia viva.

Los rangos de *pH* apropiados para los cultivos de truchas se encuentran entre 6.5 y 8.6. Los valores menores de 5.0 y mayores de 9.0 deben ser descartados ya que estaría afectando el proceso de crecimiento de la especie.

C: *Oxígeno disuelto*: El oxígeno disuelto ha sido uno de los constituyentes no-conservativos (su concentración es variable) más estudiados en ecosistemas acuáticos (Packard, et al, 1969). Este es un requisito nutricional esencial para la mayoría de los organismos vivos, dada su dependencia del proceso de respiración aeróbica para la generación de energía y para la movilización del carbono en la célula.

Además, el oxígeno disuelto es importante en los procesos de: fotosíntesis, oxidación-reducción, solubilidad de minerales y la descomposición de materia orgánica. Los niveles de oxígeno disuelto necesarios para sostener la vida de organismos acuáticos varían de una especie a otra. Las truchas, por ejemplo, requieren concentraciones mayores a 4.0 mg/L para permanecer saludables, mientras que muchas especies de crustáceos pueden vivir y reproducirse en ambientes acuáticos donde la concentración de oxígeno

disuelto oscila entre 2.0 y 0.1 mg/L. Por otro lado, existe una gran variedad de microorganismos (bacterias, hongos y protozoarios) para los cuales el oxígeno no es indispensable (anaerobios facultativos), otros no lo utilizan, siendo indiferentes a su presencia (aero - tolerantes) e incluso, para algunos el oxígeno resulta ser tóxico o inhibitorio para el crecimiento (anaerobios estrictos).

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

En La figura 2 se muestra el diagrama de bloques del sistema de instrumentación propuesto. Se puede observar que el bloque 1 corresponde al estanque artificial donde los sensores de oxígeno, el pH y la temperatura están sensando sus respectivas variables. El bloque 2 denominado “Módulo de Control” es el encargado de procesar la información proveniente de los sensores así como de garantizar la fuente de alimentación al sistema electrónico y el bloque 3 denominado “Estación de monitoreo y análisis” es el encargado de recibir la información almacenada en el sistema de control y a través de una aplicación diseñada en C++ Builder visualizar toda la información y posteriormente generar un reporte mediante un archivo de texto.

A. *Sistema de Estanques*: Para el análisis de las variables físico – químicas más representativas que intervienen en un proceso de piscicultura se construyó un estanque de vidrio de tamaño es 30cm x 40cm x 30cm como se muestra en la figura 3. Dentro del tanque fueron ubicados los respectivos sensores. Para medir temperatura, fueron ubicados 4 sensores en cada esquina del estanque mientras que el sensor de oxígeno disuelto (OD) y el de pH fueron ubicados al interior del estanque.

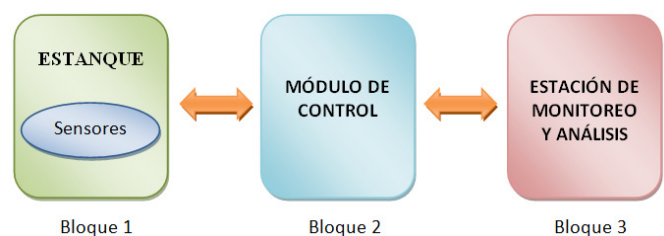


Figura 2. Diagrama de bloques general sistema de instrumentación



Figura 3. Estanque artificial

Al monitoreo de todas las variables se agregó la posibilidad que el usuario desde la estación de monitoreo pudiera ingresar los valores máximos y mínimos de cada variable y que el propio sistema los mantuviera en ese rango, por tal motivo, para el manejo de la variable de temperatura se construyó un estanque de soporte con agua caliente dado por un termostato y por intermedio de unas bombas de vacío regular la temperatura del estanque principal. En la figura 4 se muestra el sistema de estanques construido para la medición y control de temperatura y para la medición de *pH* y oxígeno disuelto.

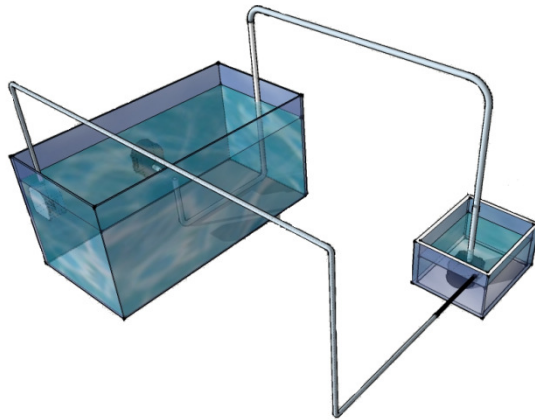


Figura 4. Sistema de estanques

Para la medición de la temperatura se utilizó el modelo presentado en la figura 5. La variable físico – química medida es la temperatura del agua y para ello, se utilizó el sensor de temperatura de referencia LM35, el cual es un sensor fabricado por la empresa *National Semiconductor*. En el diagrama en bloques mostrado en la fig5 se ilustran los componentes para el sistema de medición

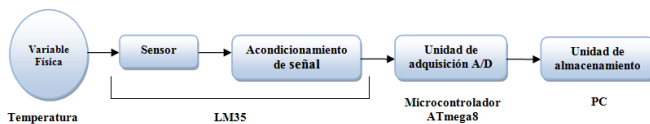


Figura 5. Diagrama de bloques sistema de instrumentación para la medición de temperatura

El sensor de temperatura posee una respuesta línea como se muestra en la figura 6. Esta característica lo que hace muy versátil para llevar a cabo esta medición con un alto grado de precisión dentro del rango requerido.

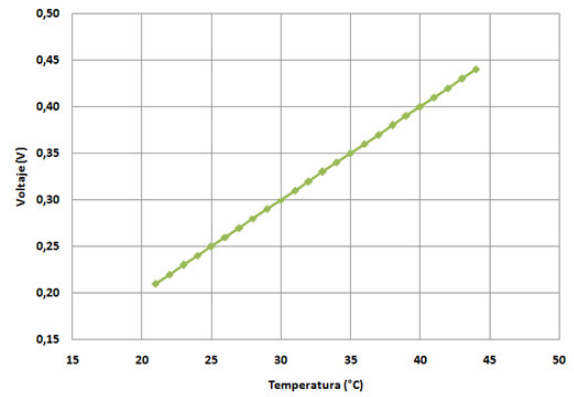


Fig6. Curva característica del sensor de temperatura LM35

Para la medición de *pH* y oxígeno disuelto del agua se implementó los esquemas presentados en la figura 7 y figura 8, respectivamente:

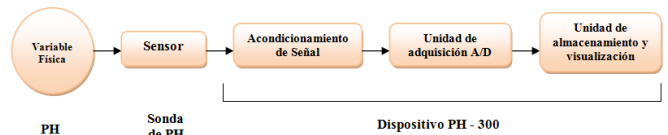


Figura 7. Diagrama de bloques sistema de instrumentación para la medición de *pH*

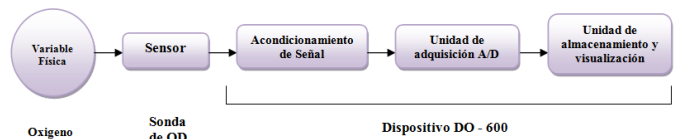


Figura 8. Diagrama de bloques sistema de instrumentación para la medición de oxígeno disuelto

Para la medición del *pH* y el oxígeno disuelto del agua al interior del estanque se utilizó equipos comerciales distribuidos por la empresa *Extech* de referencia PH300 y DO600 respectivamente. El sensor se encuentra ubicado dentro de una sonda la cual está en contacto directo con la variable física a medir.

B. Estación de control: El módulo de control está compuesto por un microcontrolador de la empresa Atmel de referencia ATmega8 [6]. Este dispositivo tiene la tarea completa de leer el valor analógico que es suministrado por los sensores, convertirlo a formato digital y realizar acción sobre las bombas de vacío según el valor de temperatura y oxígeno disuelto presente al interior del estanque y de acuerdo a los parámetros ingresados por el usuario desde la interfaz gráfica.

En la figura 9 se muestra el diagrama de bloques correspondiente al módulo de control. La bomba 1, permitirá sacar el agua del estanque principal para evitar que se desborde hacia el estanque auxiliar nuevamente. La bomba 2 tendrá el objetivo de dejar pasar agua caliente del estanque auxiliar al estanque principal cuando la temperatura de éste se encuentre por debajo de un rango seleccionado por el usuario.

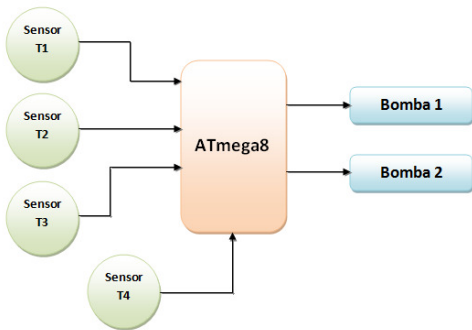


Figura 9. Diagrama de Bloques para el módulo de control

En la figura 10 se muestra el diagrama de bloques correspondiente a cada bomba. La alimentación de cada una de ellas es a 110VAC por tal motivo entre la salida del microcontrolador y los contactos de la bomba, se debe ubicar un driver de potencia.



Figura 10. Diagrama de bloques para la conexión de las bombas

El driver utilizado fue mediante un TRIAC de referencia BT138 cumpliendo la acción de unir o desconectar la fuente de alimentación de la bomba. Cuando se desea activar la bomba, el microcontrolador a través de su terminal de salida envía una señal digital hacia el optotriac de referencia 4N33 quien cumple la función de aislar la etapa de alta potencia de la etapa de baja potencia y así disparar al Triac a través de su compuerta. Cuando se desea desactivar la bomba, simplemente el microcontrolador envía una señal baja a la compuerta para que desconecte o aisle la bomba de la fuente de alimentación.

El diagrama esquemático para esta etapa se muestra en la figura 11.

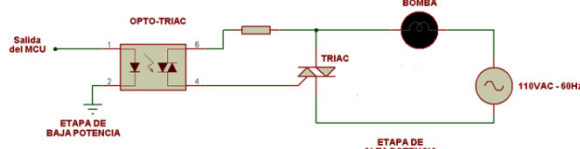


Figura 11. Diagrama esquemático para la conexión de las bombas

La estación de control, maneja la alimentación de toda la parte electrónica. Para ello se diseñó una fuente de bajo costo como se muestra en la figura 12. La señal de 110 VAC que se necesita para alimentar las bombas se utiliza como fuente de alimentación. Para ello se reduce por intermedio de un transformador y se rectifica a través de un puente rectificador. La salida de esta señal se filtra para garantizar una señal estable y no afecte el desempeño del microcontrolador.

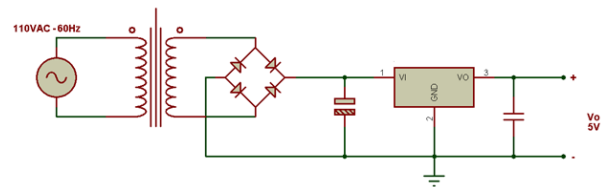


Figura 12. Diagrama esquemático fuente de alimentación

En la figura 13 se muestra el diagrama esquemático de la estación de control. En ella se puede observar la conexión de los sensores de temperatura al microcontrolador así como unos leds indicadores dedicados exclusivamente para verificación de cada estado.

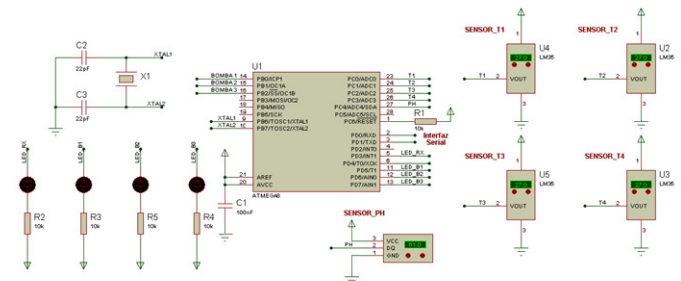


Figura 13. Diagrama esquemático estación de control

C. Estación de monitoreo y análisis: La estación de monitoreo y análisis es la encargada de recibir la información proveniente del módulo de control y enviarla al PC para su tratamiento. La estación está conformada por una etapa de hardware y una etapa de software.

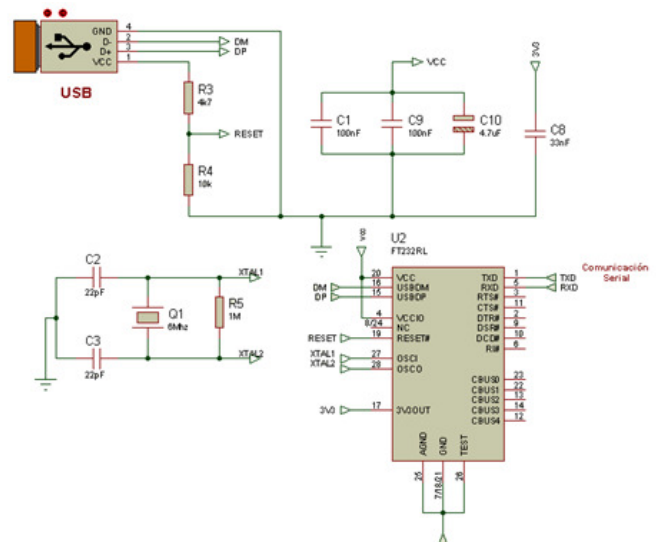


Figura 14. Diagrama esquemático estación de monitoreo y análisis

La etapa de hardware se encarga de recibir la información por la interfaz serial y transmitirla al PC vía USB. En la figura 14 se muestra el diagrama esquemático de la etapa de hardware.

En la figura 15 se muestra un *Screen Shot* de la interfaz principal. Como se puede apreciar en ella, el usuario tiene el

acceso a decidir el rango de medida de la temperatura. Si el usuario ingresa el rango de forma invertida, el programa de forma automática garantiza que siempre el primer valor corresponda al valor menor y el segundo corresponda al mayor.

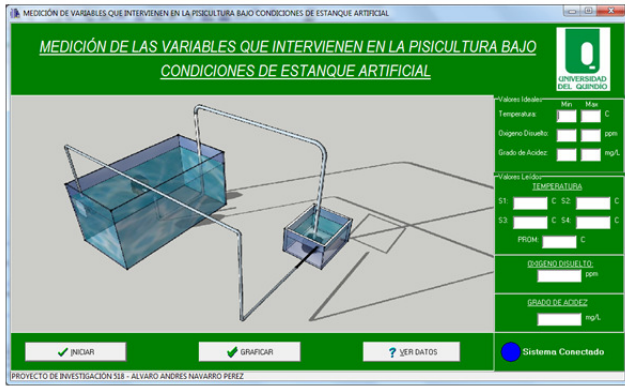


Figura 15. Screen Shot de la interfaz de usuario

V. RESULTADOS

En la figura 16 se muestra la imagen del sistema completo para la medición de las variables físico – química más representativo en la piscicultura.

Una vez construido el sistema completo, se utilizaron procedimientos de calibración ampliamente reconocidos en la literatura especializada, para las variables de temperatura, pH y oxígeno disuelto. La siguiente etapa consistió en la toma de los datos de temperatura del agua al interior del estanque, el pH y el oxígeno disuelto por un periodo largo de tiempo (3 días) de lo cual, se obtuvo una buena base de datos de alrededor de 1000 valores.

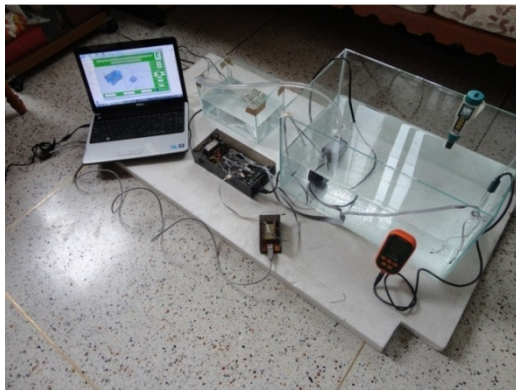


Figura 16. Sistema completo de medición de temperatura del agua, el pH y el oxígeno disuelto.

Durante las mediciones, el estan que estuvo a temperatura ambiente con lo cual se comprobó la precisión en las medidas dadas por el sistema de instrumentación construido.

En la Figura 17 se muestra una imagen del módulo de control diseñado. En él se puede observar el microcontrolador, la fuente y las etapas de potencia para el manejo de las bombas.

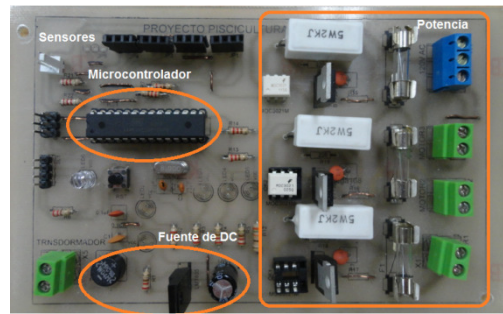


Figura 17. Imagen de la estación de control

En las Figuras 18, 19 y 20, se presenta el comportamiento aleatorio de la medición de las variables Temperatura, pH y oxígeno disuelto. Se puede apreciar el comportamiento aleatorio de la medida en estas tres variables en el estanque artificial. Del respectivo ajuste a los datos experimentales, se encontró el valor promedio de la temperatura del agua de 23°C y un error de más o menos 0.1°C y un valor promedio de pH de 7.4 ±0.1; es decir, que se trata de una base y un valor promedio de 3.49±0.03 en la concentración de oxígeno disuelto.

Con estos resultados se pueden concluir que el sistema implementado presenta una gran precisión en la medición de cada variable de acuerdo a los parámetros en condiciones de temperatura ambiente.

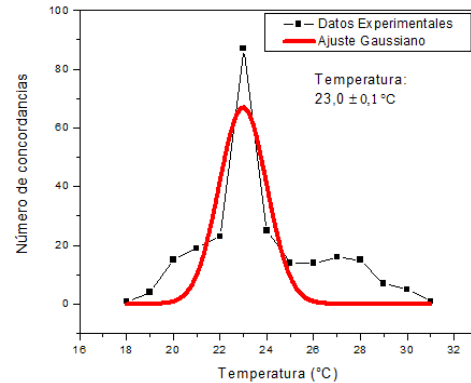


Figura 18. Respuesta del equipo ante la medición de temperatura

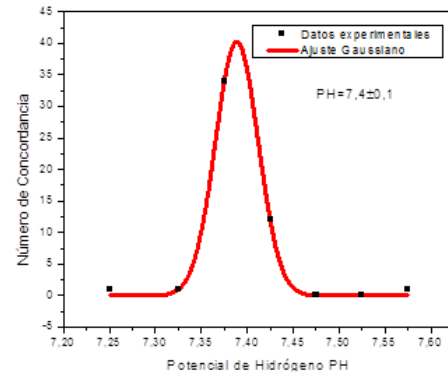


Figura 19. Respuesta del equipo ante la medición de pH.

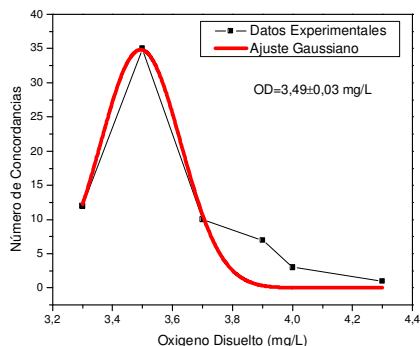


Figura 20. Respuesta del equipo ante la medición de oxígeno disuelto

VI. CONCLUSIONES

Se ha presentado la construcción de un sistema de instrumentación electrónico para la medición de algunas de las variables físicas como son la temperatura, el *pH* y el oxígeno disuelto que intervienen en la piscicultura bajo condiciones de estanque artificial. Se construyó un estanque artificial de tamaño mediano en donde se realizaron las pruebas de los sensores que intervienen en el proceso de la piscicultura, en el cual se pueden simular condiciones artificiales de estanque. Se seleccionaron y caracterizaron los sensores para medir temperatura del agua, *pH* y oxígeno disuelto en el agua, obteniéndose las funciones de transferencia de cada sensor. Se elaboraron tarjetas electrónicas para la adquisición y el procesamiento de la información usando tecnología basada en *datalogger* y puerto de comunicaciones USB. Se desarrolló un sistema electrónico el cual permitió almacenar los valores de la temperatura, el *pH* y el oxígeno disuelto, en un sistema ordenador para su posterior análisis. Se elaboró una herramienta de visualización de las variables medidas en el software C++ Builder. Finalmente, proponemos el sistema de medida desarrollado en este trabajo, como una herramienta tecnológica para contribuir al fortalecimiento de los cultivos de trucha en el Departamento del Quindío.

VII. TRABAJOS FUTUROS

Como trabajo futuro se propone lo siguiente:

El campo de la piscicultura cada día presenta más avances para llevar a cabo los procesos de forma más eficiente y utilizando de forma más adecuado los recursos del entorno. Como trabajo futuro se tiene la implementación de un módulo completo que no solamente que realice la medición de estas tres importantes variables (temperatura, grado de acidez y oxígeno disuelto) sino las demás que en conjunto hacen parte de un proceso de cultivo. No solamente monitorearlas sino realizar un control de cada una de ellas aplicando estrategias de control inteligente.

La información adquirida por el sistema de instrumentación dependía exclusivamente a una comunicación por cable hacia el sistema ordenador (PC) para allí almacenar la información

en un archivo plano. Como proyección a esta etapa es implementar una comunicación vía RF (Radio Frequency) desde el estanque hacia una central remota quien realice el almacenamiento de la información en un archivo de texto con formato.

Implementar un sistema de alarma no solamente sonora sino mediante un mensaje de texto al celular del operario encargado en caso que las condiciones de las variables de medición se modifiquen de forma abrupta en cualquier instante de tiempo.

Y el más importante trabajo futuro es realizar el cultivo de alguna especie que favorezca el desarrollo de nuestra región en el campo piscícola y además que fortalezca el aspecto investigativo en el campo por parte del programa de Tecnología en Electrónica.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado con el apoyo financiero de la Universidad del Quindío bajo el proyecto Construcción de un Sistema de Instrumentación para la medición de variables físico - químicas que intervienen en la piscicultura bajo las con código es 518, se brinda una por intermedio de la vicerrectoría de Investigaciones. Se brinda un especial agradecimiento a todas las personas que estuvieron involucrados en el desarrollo de este proyecto y al grupo GIDET por facilitar el espacio de trabajo. Esperamos que este trabajo investigativo permita seguir fortaleciendo el desarrollo de nuevas investigaciones en este importante campo para nuestra región.

REFERENCIAS

- [1] *Manual de Crianza de Trucha (Oncorhynchus mykiss)*. Antamina. Ragash Perú. 2009.
- [2] L.Fernando, Benjamín Barón, Mónica Hernández R. *System for temperature, oxygen and salinity research in ecophysiology*. Pp 277 – 287. Hidrobiológica 2003.
- [3] Xiuna Zhu, Daoliang Li, Dongxian He, Jianqin Wang, Daokun Ma, Feifei Li. *A remote wireless system for water quality online monitoring in intensive fish culture*. Computers and Electronics in Agriculture. 2010
- [4] Naheed, Malik. Abhijit, Date. Jimmy, Leblanc. Aliakbar, Akbarzadeh. Barry, Meehan. *Monitoring and maintaining the water clarity of salinity gradient solar ponds*. Energy Conservation and Renewable Energy Group, School of Aerospace, Mechanical and Manufacturing Engineering, RMIT University. 27 August 2011.
- [5] *Oxígeno Disuelto y temperatura en el agua. Su importancia en el cultivo de especies marinas*. Hanna Instruments. Instrumentos de medición y control. 2 de julio de 2006.
- [6] *Software de simulación para circuitos eléctricos y electrónicos*. LabCenter Electronics. Disponible en: www.labcenter.com/index.cfm
- [7] *Precision Centigrade Temperature Sensors LM35*. DataSheet. National Semiconductor. Noviembre del 2000.
- [8] *Extech Instruments. A Flir Company. Service and support instruments*. Disponible en: www.extech.com/instruments.

- [9] *5° Curso de Ingeniería de Telecomunicación. Instrumentación electrónica de comunicaciones.* Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación. Universidad de Cantabria
- [10] *Atmel Corporation. 8 bit AVR Microcontroller with 8 Kbyte In System Programmable Flash ATmega8 2005.*
- [11] Conijeski, Daniel. *Conceptos básicos de Ingeniería en Acuicultura.* Plan Nacional de Desarrollo de la Acuicultura (PLANDAC). Proyecto TCP/URU/3101. Canelones, Uruguay. Agosto de 2008.
- [12] K.R. Agha. *The termal characteristics and economic analysis of a solar pond coupled low temperatura multi stage desalination plant.* RenewableEnergyResearch, pp. 501 – 510. Solar Energy 2009.
- [13] *Electronic Fiheries Monitoring Workshop Proceedings.* Alaska FisheriesScience Center. Seattle Washington. 2008.